

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра геології та гідрології

01-05-90

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«ЕКОЛОГІЧНІ ТА РУСЛОФОРМУЮЧІ ВИТРАТИ»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
усіх освітньо-професійних програм спеціальностей НУВГП
денної форми навчання

Схвалено науково-методичною
радою НУВГП

Протокол № 2 від 26.03.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Екологічні та руслоформуючі витрати» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня усіх освітньо-професійних програм спеціальностей НУВГП денної форми навчання [Електронне видання] / Холоденко В. С. – Рівне : НУВГП, 2020. – 28 с.

Укладач: Холоденко В. С., к.геогр.н., доцент кафедри геології та гідрології.

Рецензент: Косяк Д. С., к.геогр.н., доцент кафедри геології та гідрології.

Відповідальний за випуск: Мельничук В. Г., доктор геологічних наук, професор, завідувач кафедри геології та гідрології

Вчений секретар науково-методичної ради

Костюкова Т. А.

© В. С. Холоденко, 2020
© НУВГП, 2020

Вступ.....	4
1. Розрахунок екологічних витрат води за гідрологічними критеріями.....	5
2. Розрахунок екологічних витрат води за біологічними критеріями.....	10
3. Розрахунок екологічних витрат води за гідравлічними критеріями.....	13
4. Розрахунок санітарних витрат води.....	15
5. Розрахунок руслоформуючих витрат води	18
6. Рекомендації та заходи щодо покращення екологічних та руслоформуючих витрат води на річках України	20
7. Картографування екологічних та руслоформуючих витрат води.....	22
Питання гарантованого рівня знань.....	24
Рекомендована та базова література.....	26
Допоміжна література.....	27

Вступ

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт під час вивчення дисципліни **«Екологічні та руслоформуючі витрати»**.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Екологічні та руслоформуючі витрати» складені відповідно для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня підготовки для всіх спеціальностей НУВГП, робочої програми охоплюють всі змістові модулі за мінімальною кількістю академічних годин /кредитів/, передбачених для вибіркового дисциплін та навчальним планом.

Екологічні та руслоформуючі витрати є вибірковою дисципліною для підготовки фахівців за ОКР бакалавр за всіма освітніми програмами НУВГП що викладається, відповідно, на 2, або 3, або 4 курсі в обсязі 90 годин (16 годин – лекції, 14 годин – практичні роботи, 60 годин – самостійна робота). Закінчується — заліком. Метою вибіркового курсу «Екологічні та руслоформуючі витрати» є вміння розраховувати екологічні та руслоформуючі витрати на річках України за різними методиками, критеріями та факторами; будувати карто-графіки за визначеними екологічними та руслоформуючими витратами води; проявляти творчий пошук при прогнозуванні процесів, які можуть виникнути після впливу антропогенної діяльності людини на басейн річки.

Тому, майбутні фахівці з водогосподарського, екологічного, географічного та інших галузей повинні розуміти та знати, що посилення антропогенного тиску призводить до виникнення несприятливої ситуації у гідрологічному режимі, санітарному стані, ґрунтовому покриві та ландшафтній структурі басейнів малих річок практично у всіх регіонах держави. Сучасний рівень антропогенного навантаження на водні екосистеми, водозатратна технологія використання водних ресурсів з безповоротними відборами води без врахування екологічних вимог призводить до суттєвих змін на більшості водних об'єктів України.

Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі вивчення дисципліни, є теоретична та практична підготовка студентів з питань екологічних та руслоформуючих витрати, а саме: студент повинен *знати*:

- поняття про екологічні та руслоформуючі витрати;
- нормативні документи в області екологічних та руслоформуючих витрат;
- сучасні підходи до визначення екологічних та руслоформуючих витрат в Україні та закордоном;
- методики визначення екологічних та руслоформуючих витрат;
- поняття про санітарні витрати;
- рекомендації та заходи щодо покращення умов екологічних та руслоформуючих витрат на річках України.

Студент повинен *вміти*:

- розраховувати екологічні та руслоформуючі витрати на річках України за різними методиками;
- будувати карти за визначеними екологічними та руслоформуючими витратами води;
- проявляти творчий пошук при прогнозуванні процесів, які можуть виникнути після впливу антропогенної діяльності людини на басейн річки.

Методичні вказівки покликані допомогти студентам у виконанні практичних робіт з дисципліни «Екологічні та руслоформуючі витрати», вони містять теоретичний матеріал змістових модулів, методику виконання практичних робіт, приклади розв'язання тематичних завдань, питання гарантованого рівня знань, рекомендовану, базову та допоміжну літературу.

Уважне вивчення наведеної інформації і схем, опрацювання питань гарантованого рівня знань допоможуть студентам успішно справлятися з завданнями поточного і підсумкового контролю.

Методичні вказівки розраховані на студентів, які навчаються за освітньо-кваліфікаційними програмами підготовки бакалаврів.

Методичні вказівки побудовані відповідно до вимог ЄКТС.

1. Розрахунок екологічних витрат води за гідрологічними критеріями

Метою практичної роботи є: набуття практичних навичок у розрахунку екологічних витрат води за гідрологічними критеріями.

Завдання. Розрахувати екологічно допустимі мінімальні витрати води за гідрологічними критеріями у річці (за варіантом, додатки А-Д методичні вказівки 01-05-91) для кожного місяця. Окремі гідрологічні показники задані.

Методика виконання. На сьогодні немає єдиних визначень понять екологічних витрат води. Їх називають мінімально необхідними, мінімально непорушеними, обов'язковими, лімітуючими, санітарними, природоохоронними тощо. Назвемо їх більш точним поняттям – екологічно допустимі витрати води.

Під поняттям **екологічно допустимі витрати води** необхідно розуміти такі витрати води, які повинні зберігатися в річці при будь-яких видах господарської діяльності і забезпечувати процеси руслоформування, стік завислих і рухомих наносів, відтворення біологічних ресурсів, задовільний санітарний стан і самоочищення річки.

Найнижча межа екологічно допустимих витрат води – це **екологічно допустимі мінімальні витрати води** – необхідно розуміти нижню межу витрат води, яка визначає умови існування організмів, тобто є лімітуючим чинником функціонування річкової системи. Є найбільш актуальним чинником для річок в наш час.

Розглянемо приклад розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води за гідрологічними критеріями для річок Прип'ятського Полісся України за досліджуваний період (середньо багаторічний рік), за методикою визначення екологічно допустимих рівнів відбору води з річок з метою збереження сталого функціонування їх екосистем (Яцик А. В., Бишовець Л. Б., Кириченко С. М., Кудріна А. В., Аніщенко Л. Г., Чураєвська Н. М., Свердлов Б. С., Холоденко В. С.).

Порядок розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води за *гідрологічними критеріями* здійснюється для конкретного гідрологічного поста в наступному порядку:

1. В розрахунковому створі конкретної річки визначаємо рівень виходу води на заплаву, відповідну йому витрату води і значення руслоформуючої витрати води в межах русла.
2. З матеріалів багаторічних спостережень за водним режимом річки виберемо аналог середнього за водністю року.

3. За даними гідрометричних вимірів для кожного з визначених періодів у сезоні року побудуємо розрахункові залежності витрат води від середніх швидкостей річкового потоку $Q = f(\bar{V})$. При цьому бажано, якщо дозволяє кількість даних, врахувати призначення окремих гідрометричних створів (меженний, паводковий, тимчасовий), що забезпечує однорідність вимірів.

4. За встановленими таким чином показниках і розрахункових залежностях визначаємо згідно методики екологічно допустимі мінімальні витрати води для кожного місяця року (або фаз водного режиму і сезонів років).

Приклад. Порядок розрахунку визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води розглянемо на *прикладі річки Тня поблизу с. Броники*.

1. За даними наведеними в гідрологічних щорічниках у розділі «Опис постів», рівень виходу води на заплаву $H_3 = 270$ см над нулем поста. Цьому рівню згідно із залежністю $Q = f(H)$ відповідає витрата води в $25,02 \text{ м}^3/\text{с}$.

2. З таблиці 2.34 довідника «Малі річки України» визначаємо величину руслоформуючої витрати води в межах річища – $Q_{рф} = (18,8) \text{ м}^3/\text{с}$.

3. За матеріалами багаторічних спостережень за аналог водного режиму березня обираємо середній за водністю 1968 рік, який характеризується чітко вираженою весняною повінню з піковими величинами $H_{\text{макс}} = 393$ см, $Q_{\text{макс}} = 74,1 \text{ м}^3/\text{с}$. При такому водному режимі заплава була затоплена достатнім шаром для нересту риби і вологонакопичення ґрунтів прируслової території, мали місце руслоформуюча витрата води та плавний спад рівня стоку, а об'єм стоку порівняно з іншими роками з таким же порядком водного режиму був найменшим.

4. З таблиць «Виміряні витрати води», які частково опубліковані у гідрологічних щорічниках (по 1974 рік), а в повному обсязі зберігаються в архівах Державної Гідрометслужби, формуємо за прийнятий період спостережень масив даних «Виміряні витрати води і відповідні їм середні швидкості течії руслового потоку» за кожний місяць року. При цьому бажано врахувати призначення

окремих гідрометричних створів (меженний, паводковий, тимчасовий), що забезпечує однорідність даних.

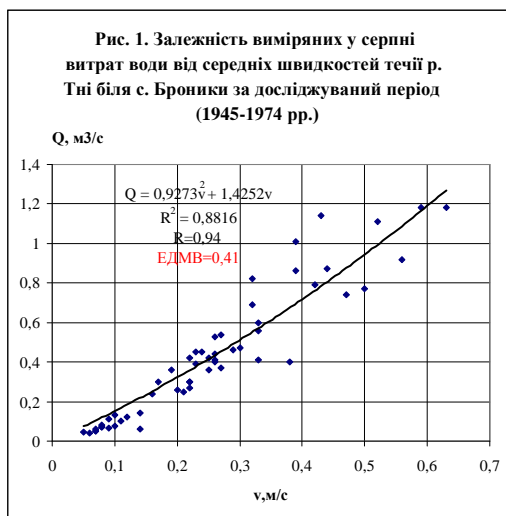
5. За даними таблиць 1.3 «Витрати води», які опубліковані в гідрологічних щорічниках, складаємо таблицю помісячних величин найменших витрат води за весь період спостережень, на базі якої визначаємо найбільшу їх величину за кожний місяць.

6. Виконуємо коригування складеного за п. 4 масиву даних. З нього виключаємо величини в межах кожного місяця, які перевищують значення встановленої за п. 5 найбільшої мінімальної витрати води.

7. За даними відкоригованого масиву будуємо розрахункові залежності $Q = f(\bar{V})$ за кожен місяць року, а якщо недостатня кількість гідрологічних даних, то залежності будуються за періоди: зима (XII-I і II), весна (III, IV, V), літо (VI-VIII), осінь (IX-XI).

8. Проводимо аналіз зазначених залежностей. Якщо на графіках є точки, не характерні для даного періоду, то вони виключаються. До таких можна віднести узимку витрати води і швидкості течії руслового потоку в період паводків тощо.

За наведеним принципом одержані розрахункові залежності $Q = f(\bar{V})$ для р. Тні та їх аналітичні вирази за кожний розрахунковий місяць, на рис.1. зображено для місяця серпня.



Побудова $Q = f(\bar{V})$

та їх коригування згідно п. п. 7 і 8 здійснюються на комп'ютері.

Відповідно до розрахункових критеріїв методики екологічно допустимі мінімальні витрати води визначають за сезонами року для кожного місяця або окремих місяців і фаз водного режиму.

За критеріями, що лімітують рівні і витрати води для вологонакопичення заплавних земель, міграції риби на нерест, створення умов для транспортування завислих і рухомих наносів та промивання річища, водний режим р. Тні поблизу с. Броники в березні 1968 року був екологічно найбільш сприятливим. Тому середньомісячну витрату води ($Q_{III}=9,77 \text{ м}^3/\text{с}$) можна вважати екологічно допустимою мінімальною витратою води в середньому за березень.

За критеріями швидкісного режиму руслового потоку на підставі розрахункових залежностей $Q = f(\bar{V})$ визначаємо екологічно допустимі мінімальні витрати води для квітня і травня:

а) у квітні середня швидкість руслового потоку $V_u=0,5 \text{ м/с}$ сприяє розвитку цінних для екосистеми видів гідробіоценозів. Мінімальна витрата води, яка забезпечує цю швидкість, згідно з аналітичним виразом становить $Q_{IV} = 0,9273 \cdot (0,5)^2 + 1,4252 \cdot 0,5 = 1,36 \text{ м}^3/\text{с}$;

б) у травні середня швидкість течії руслового потоку $V_{zap}=0,3 \text{ м/с}$ запобігає заростанню його водного дзеркала. За розрахунковою залежністю $Q = f(\bar{V})$ для травня такий швидкості відповідає найменша витрата води $Q_V = 0,57 \text{ м}^3/\text{с}$;

в) за критерієм режиму середньої швидкості руслового потоку, за яким підтримується рухомість ґрунту по дну, що запобігає замуленню річища $V_{нз}=0,25 \text{ м/с}$, згідно з розрахунковими залежностями $Q = f(\bar{V})$ для червня, липня, серпня (рис.1) найменша витрата води, яка забезпечує таку швидкість, становить у літню межень відповідно: $Q_{VI}=0,39 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_{VII-VIII}=0,41 \text{ м}^3/\text{с}$, в осінню межень – для вересня, жовтня, листопада відповідно становлять: $Q_{IX}=0,35 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_X=0,38 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_{XI}=0,37 \text{ м}^3/\text{с}$;

г) за критерієм режиму середньої незамулюючої швидкості руслового потоку $V_{нз}=0,25 \text{ м/с}$ і розрахунковими залежностями $Q = f(\bar{V})$ для грудня, січня, лютого мінімальні витрати води, які здатні підтримувати таку середню швидкість течії руслового потоку

в зимову межень становлять відповідно: $Q_{XII}=0,44 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_I=0,29 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_{II}=0,40 \text{ м}^3/\text{с}$.

Отже, згідно з методикою, аналіз розрахунків екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок за еколого-гідрологічними критеріями в екосистемі показав, що визначені таким способом мінімальні витрати води, які необхідно резервувати у річці для збереження її функціонування є достовірними і екологічно обґрунтованими. Така витрата води, як показано вище, не порушить самоочисні процеси у річці, а відповідність його прийнятим еколого-гідрологічним критеріям зберігає здатність екосистеми до самовідновлення.

В зимовий період згідно з розрахунками за еколого-гідрологічними критеріями відповідна мінімальна витрата води становить $0,29 \text{ м}^3/\text{с}$. Вона не виходить за межі вище згаданих витрат води і не суперечить основним вимогам збереження сталого функціонування річкової екосистеми.

2. Розрахунок екологічних витрат води за біологічними критеріями

Метою практичної роботи є: набуття практичних навичок у розрахунку екологічних витрат води за біологічними критеріями.

Завдання. Розрахувати екологічно допустимі мінімальні витрати води за біологічними критеріями у річці в різні фази водного режиму. При біологічних розрахованих показниках (за варіантом, додаток Е МВ 01-05-91).

Методика виконання. Розрахунок екологічних витрат за біологічними критеріями проводять за тією ж методикою, що й розрахунок екологічних витрат за гідрологічними критеріями. Лише для кількісної характеристики процесів самоочищення води у екосистемах малих річок використано систему розрахунків, де гідробіологічні процеси продукції і деструкції органічної речовини розглядаються як такі, що визначають опосередковану залежність показників якості води від природних і антропогенних гідрологічних, гідрофізичних та гідрохімічних чинників (H_n). Такими чинниками, зокрема, є параметри русла, швидкість течії водотоку та антропогенне хімічне забруднення, що змінюються

відповідно до оцінюваних варіантів відбору стоку. Обраний підхід дозволяє кількісно оцінювати вплив водогосподарської діяльності на водотоки, відображаючи його у нормованих за існуючою базою показниках якості води.

Розрахунковими показниками обрані біомаса фітопланктону (B) з урахуванням біомаси бентосних водоростей, що виноситься з річковим стоком, вміст у воді розчиненого кисню (C_{PK}) і біологічно-м'яких органічних сполук за інтегральним показником БСК_{пов} ($C_{БСК}$). Ці показники входять у число найбільш важливих не тільки щодо санітарно-гігієнічної оцінки якості води, але й щодо оцінки екологічного стану водних екосистем, тому оцінка впливу водогосподарської діяльності на водні об'єкти обов'язково повинна базуватися на кількісних прогнозних розрахунках цих показників для оцінюваних варіантів діяльності.

Для розрахунків мінімальних витрат води, які необхідно залишити у річці, щоб забезпечити кисневий режим у водному потоці для дихання риб і окислення органічних речовин, які надходять у русло річки в об'ємі стічних вод, можна використати формулу Фелпса-Стриттера в модифікації І.В. Гриба:

а) для зимової межені

$$Q_{\min} = \frac{(KL_{cm}Q_p + KL_p q_{cm})Z}{K_1(\theta - \theta_0)} \cdot \frac{|t^0|\Delta}{n}, \quad (2.1)$$

б) для літньої межені

$$Q_{\min} = \frac{KL_{cm}Q_p + KL_p q_{cm} + K_0 B}{K_1(\theta - \theta_0)}, \quad (2.2)$$

де q_{cm} – об'єм стічних вод, що надходить в русло річки вище розрахункового створу від локальних джерел забруднення, м³/с; Q_p – середня за період витрата води у створі річки, м³/с; L_{cm} – величина БСК₅ стічних вод, мгО₂/дм³; L_p – величина БСК₅ річкових вод, мгО₂/дм³; K – коефіцієнт біохімічного споживання розчиненого у воді кисню у річкових та стічних водах (для зимової межені $K=0,2$, для періоду відкритого русла $K=0,4$); Z – поправочний коефіцієнт, що враховує інтенсивність окислювальних процесів у зимовий період (за натурними дослідженнями $Z=0,3$); K_1 –

коефіцієнт реаерації (для зимової межени $K_I=0,1$, для періоду відкритого русла $K_I=0,3$); θ – фактичний вміст у річковій воді розчиненого кисню, мг/дм³; θ_0 – допустимий мінімум розчиненого у воді кисню ($\theta_0=4,0$ мг/дм³); $|t^0|$ – середньомісячна температура повітря (модуль) у зимову межень, °С; n – кількість атмосферних опадів у цей період або товщина снігового покриву, см; Δ – поправочний коефіцієнт розмірності, $\Delta=1$ см/°С; K_0 – коефіцієнт споживання розчиненого кисню біомасою водоростей у темний період доби ($K_0=0,8$ мгО₂/кг с); B – біомаса водоростей у поперечному перерізі русла при певній ширині річки і швидкості течії (визначається за натурними даними), кг/м².

Приклад. Дослідження проведені у період з 1985-1990 роки на річці Ірші поблизу с. Українка. Розрахунок проводимо в такій послідовності:

1. За даними узагальнення статистичних форм звітності 2ТП водгосп, у найбільш напружений за антропогенним навантаженням 1990 р. у річище р. Ірші вище с. Українки було скинуто 17,39 млн. м³ стічних вод в яких містилося за показником БСК 150 т органічних речовин, що відповідає значенню БСК₅ – 8,62 мгО₂/дм³.

2. За даними довідника «Клімат України», на територію басейну р. Ірші багаторічна середньомісячна температура повітря узимку становить 14⁰С, а висота снігового покриву 20 см.

3. За даними кадастрових щорічників якості поверхневих вод суші за 1985-1990 рр., середня концентрація розчиненого кисню у воді р. Ірші поблизу с. Українки сягала взимку 5,97 мгО₂/дм³, а влітку – 8,49 мгО₂/дм³, величини БСК₅ – відповідно 2 мгО₂/дм³ і 2,5 мгО₂/дм³.

4. За даними гідрологічних щорічників середня витрата води р. Ірші поблизу с. Українки в зимову межень становить 1,1 м³/с, в літню – 1,0 м³/с.

5. Величина біомаси водоростей (B) у поперечному перерізі русла визначена за даними натурних вимірювань параметрів водного потоку.

На підставі встановлених даних екологічно допустимі мінімальні витрати води, які нормалізують стан розчиненого кисню у воді р. Ірші поблизу с. Українки в умовах надходження в річище стічних вод з домішками органічних речовин, розраховуємо для зимової

межені (ХІІ-ІІ) за формулою (2.1), для літньої межені (VІІ-VІІІ) – за формулою (2.2).

При значенні параметрів формули (2.1):

$K=0,2$; $L_{cm}=8,62$ мгО₂/дм³; $q=0,55$ м³/с (умовно прийнято, що об'єм стічних вод надходить у річку рівномірно протягом року), $Q_p=1,1$ м³/с; $Z=0,3$; $K_I=0,1$; $\Delta=1$ см⁰/С; $n=20$ см; $t=14^0$ С; $\theta_0=4,0$ мгО₂/дм³, $L_p=2,0$ мгО₂/дм³; $\theta=5,97$ мгО₂/дм³.

$$Q_{\min} = \frac{[(0,2 \cdot 8,62 \cdot 1,1) + (0,2 \cdot 2,0 \cdot 0,55)] \cdot 0,3 \cdot \frac{14 \cdot 1,0}{20}}{0,1 \cdot (5,97 - 4,0)} = 2,25 \text{ м}^3/\text{с}$$

При значенні параметрів формули (2.2):

$K=0,4$; $L_{cm}=8,62$ мгО₂/дм³; $q=0,55$ м³/с, $K_I=0,6$; $\theta_0=4,0$ мг О₂/дм³, $L_p=2,5$ мгО₂/дм³; $\theta=8,49$ мгО₂/дм³, $K_0=0,8$ мгО₂/кг·с, $B=0,1$ кг/м² $Q_p=1,0$ м³/с;

$$Q_{\min} = \frac{(0,4 \cdot 8,62 \cdot 1,0) + (0,4 \cdot 2,5 \cdot 0,55) + 0,8 \cdot 0,1}{0,6 \cdot (8,49 - 4,0)} = 1,51 \text{ м}^3/\text{с}$$

Встановлені таким чином мінімальні витрати води для зимової і літньої межені орієнтовно можна прийняти за екологічно допустимі мінімальні витрати води в розрахунковому створі річки, вони забезпечують кисневий режим у водоймі для дихання риб і окислення органічних речовин, які потрапляють у русло річки із стічними водами.

3. Розрахунок екологічних витрат води за гідравлічними критеріями

Метою практичної роботи є: набуття практичних навичок у розрахунку екологічних витрат води за гідравлічними критеріями.

Завдання. Розрахувати екологічно допустиму витрату води для заданої річки у літню та зимову межень, враховуючи екологічно допустиму мінімальну витрату води, яка розрахована за гідрологічними критеріями.

Методика виконання. Розрахунок екологічно допустимих витрат води за гідравлічними критеріями запропонував О.Г.

Ободовський. Під *екологічно допустимими витратами води* він розуміє витрати, які не порушують саморегулюючої системи «потік-русло». В більш широкому розумінні – це витрати, які відповідають при проходженні водопіль і високих паводків руслоформуючим витратам води і здійснюють при цьому основний стік завислих і донних наносів, а в меженний період відповідають витратам з незамулюючими швидкостями, при яких спостерігається лише стік завислих наносів.

Екологічно допустимі витрати (ЕДВ) води визначають для всіх фаз водності: водопілля, межені, паводку. При проходженні ЕДВ необхідно дотримуватися умови:

$$V_{нз} < V_{ЕДВ} < V_{нр}, \quad (3.1)$$

де $V_{ЕДВ}$ - швидкість, яка відповідає проходженню ЕДВ в меженний період, м/с; $V_{нз}$ - мінімальні незамулюючі швидкості, м/с; $V_{нр}$ - максимальні нерозмиваючі швидкості, м/с.

Розрахунок ЕДВ води реалізується за даними конкретного гідрологічного поста у вигляді наступних операцій:

1. Розраховуються руслоформуючі витрати води Q_{ϕ} .
2. Визначається розрахунковий діаметр руслоформуючих наносів. Окремо для донних наносів визначаються розміри частинок, які складають 75% від загального вмісту наносів із середнім значенням характеристик їхнього складу. Для цих значень вмісту наносів встановлюється дата формування характеристики наносів і відповідна їм середньодобова витрата води.
3. За вимірними гідравлічними характеристиками русла проводиться побудова графіків зв'язку $Q=f(h)$, $Q=f(v)$, де Q – виміряна витрата води, м³/с; h – середня глибина потоку, м; v – середня швидкість течії, м/с. За цими графіками визначається середня глибина і середня швидкість потоку, які відповідають $Q_{ЕДВ}$ і для умов межені і для водопілля.
4. За розрахунковим діаметром руслоформуючих наносів, середньою глибиною потоку і даними довідникової літератури обґрунтовується максимальна нерозмиваюча середня в перерізі швидкість $V_{нр}$ і мінімальна незамулююча швидкість в перерізі $V_{нз}$ для кожної з фаз водності.
5. Для всіх фаз водності проводиться перевірка умови (3.1).

Якщо вказана умова дотримується, то всі отримані середньодобові витрати води за всіма фазами водності (крім водопілля) можна вважати екологічно допустимими.

Якщо умова не дотримується, то методом підбору визначається витрата, швидкості якої задовольняють цю умову.

6. Обчислюються середні в перерізі швидкості проходження характерних для даного створу руслоформуючих витрат води. Кожна із згаданих швидкостей повинна бути більше нерозмиваючої, тобто $V_{\text{Qрф}} > V_{\text{нр}}$.

При не дотриманні цієї умови у розрахунок включається верхній інтервал руслоформуючої витрати води Q_{ϕ} , що спостерігається при затопленні заплави.

Також О.Г. Ободовським було доведено те, що між ЕДВ води і ЕДМ (екологічно допустимими мінімальними) витратами води є тісний зв'язок, який свідчить, що рівняння регресії для літньої межені має вигляд:

$$Q_{\text{ЕДВ}} = 2,132Q \min_{\text{ЕДВ}} - 3,06. \quad (3.2)$$

$$\text{Для зимової межені: } Q_{\text{ЕДВ}} = 6,29 + 1,80Q \min_{\text{ЕДВ}}. \quad (3.3)$$

Приклад. Для р. Тетерів поблизу м. Житомир. Екологічно допустима мінімальна витрата у літню межень склала $3,52 \text{ м}^3/\text{с}$, а в зимову – $16,3 \text{ м}^3/\text{с}$. Визначити екологічну витрату води використовуючи гідравлічний критерій (з практичної роботи №1) за формулами (3.2-3.3).

$$Q_{\text{ЕДВ}} = 2,132 \cdot 3,52 - 3,06 = 4,44 \text{ м}^3/\text{с} - \text{ЕДВ води у літню межень.}$$

$$Q_{\text{ЕДВ}} = 6,29 + 1,80 \cdot 16,3 = 35,63 \text{ м}^3/\text{с} - \text{ЕДВ води у зимову межень.}$$

Отже, ЕДВ води для окремих фаз водності набагато перевищують ЕДМ витрати. Тому, для водогосподарських потреб необхідно визначати ЕДМ витрати води, щоб не завдавати шкоди річкам.

4. Розрахунок санітарних витрат води

Метою практичної роботи є: набуття практичних навичок у розрахунку санітарних витрат води.

Завдання. Розрахувати санітарну витрату для заданої річки (вихідні дані додаток Г МВ 01-05-91).

Методика виконання. В Україні до цього часу в практиці водогосподарського проектування за **санітарні витрати** води приймається середньомісячна витрата води з гарантією (забезпеченістю) її зберігання в річці 95%. Цій умові, як правило, відповідає найменша середньомісячна витрата води в маловодному році, що повторюється один раз за 20 років.

Згідно Положення про використання водних ресурсів водосховищ УРСР для підтримання санітарного стану річки, приймають в більшості випадків найменшу із середніх місячних витрат води за багатолітній період спостережень з наступними коефіцієнтами:

Таблиця 4.1

Мінімальна витрата води, яка необхідна для підтримання санітарного стану річки і перехідні коефіцієнти.

Середньомісячні витрати води, $\text{м}^3/\text{с}$	0,5-10	10-50	50-200	>200
Коефіцієнт, K	0,3	0,35	0,40	0,45

При найменшій середньомісячній витраті води до $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ в якості мінімальної витрати води, яка необхідна для підтримання санітарного стану річки, приймають $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, а для річок, які пересихають і замерзають – неменше $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Це підтверджує і А.В.Яцик вже з коефіцієнтами від 0,3 до 0,75 в залежності від величини витрати води.

Також, згідно методичних рекомендацій по збереженню водності малих річок на території України санітарна витрата в річці визначається загальною витратою води: на потреби нижче розміщених користувачів і мінімальною витратою, яка спостерігається в річці в меженний (літній) період в природному стані річки до її зарегульованості.

Визначення таких санітарних витрат води нічим не обґрунтовано і може привести при їх дотриманні до незворотних змін в екосистемах.

Визначення санітарних витрат води представляє значний інтерес при проектуванні промислового та побутового водопостачання, зрошення сільськогосподарських угідь, для потреб судноплавства, енергетичного використання річок, тому що вони лімітують не

лише розміри споруд, що проектується, а і саму можливість їхнього розташування в даному місці.

Приклад. Для р. Тня поблизу с. Бронники розраховуємо санітарну витрату за період з 1944 року по 1974 рік наступним чином:

1. Визначаємо найменшу середньомісячну витрату води для кожного року.

2. Розміщуємо найменшу середньомісячну витрату води у порядку спадання.

3. Визначаємо забезпеченість для кожного року за таблицею 4.2.

4. Вибираємо для забезпеченості $p=95\%$ найменшу середньомісячну витрату і приймаємо її за санітарну витрату води для р. Тня поблизу с. Бронники в даний період – вона становить $0,16 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблиця 4.2.

Розрахунок санітарної витрати води для р. Тня поблизу с. Бронники

р.Тня	сер.р.Qmin	P, %
1	0,13	3,225806
2	1,66	6,451613
3	1,28	9,677419
4	1,09	12,90323
5	1	16,12903
6	0,96	19,35484
7	0,93	22,58065
8	0,72	25,80645
9	0,68	29,03226
10	0,63	32,25806
11	0,56	35,48387
12	0,54	38,70968
13	0,54	41,93548
14	0,52	45,16129
15	0,49	48,3871
16	0,47	51,6129
17	0,46	54,83871
18	0,45	58,06452
19	0,43	61,29032
20	0,36	64,51613
21	0,35	67,74194
22	0,33	70,96774
23	0,3	74,19355
24	0,28	77,41935
25	0,27	80,64516
26	0,25	83,87097
27	0,18	87,09677
28	0,17	90,32258
29	0,17	93,54839
30	0,15	96,77419

5. Розрахунок руслоформуючих витрат води

Метою практичної роботи є: набуття практичних навичок у розрахунку руслоформуючих витрат води.

Завдання. Розрахувати руслоформуючі витрати для заданих річок (вихідні дані Додаток Б, В, Є МВ 01-05-91).

Методика виконання. Детальне обґрунтування визначення руслоформуючої витрати, методики її розрахунку належить М. І. Маккавєєву.

Під **руслоформуючими витратами** він розуміє витрати, при яких в багаторічному розрізі часу здійснюється основний стік наносів і найбільш активно проявляються руслові деформації.

Визначення руслоформуючих витрат М.І. Маккавєєв пропонує проводити по максимумах добутку:

$$Q_{pf} = f(\sigma Q_{сер}^n PI), \quad (5.1)$$

де σ – коефіцієнт, що враховує ширину розливу річки (рівний 1 до виходу води на заплаву; 0,9 – при ширині затопленої заплави менше двох ширин русла; 0,5 – коли затоплена заплава більше десяти ширин русла); $Q_{сер}$ – середня витрата кожного із інтервалів, на які розбивається весь діапазон витрат у даному створі, м³/с; n – показник ступеня, що залежить від крупності річкового алювію (його величина коливається від 1,1 для мулу з піском, глини до 3,0 для гальково-валунних русел); P – ймовірність перевищення витрат кожного інтервалу; I – середній похил водної поверхні у даному інтервалі витрат.

Руслоформуюча витрата для річок може бути визначена за довідником «Малі річки України» і монографією О.Г. Ободовського. Зокрема, О.Г. Ободовський у роботі відмічає, що питома вага руслоформуючих витрат у межах русла (кінематична енергія потоку) вища, ніж при проходженні руслоформуючих витрат води під час виходу води на заплаву у період високих водопіль.

Також, існує офіційно затверджена Державним комітетом України по водному господарству у 2007 році «Методика розрахунку руслоформуючих витрат на гірських річках України», яку розробили ВАТ проектно-технологічний інститут

«Укроргводбуд» та НУВГП в особі Корбутяка М.В., Корбутяка В.М.

Руслоформуючі витрати води на гірських річках прирівняні до витрат, при яких енергія потоку спрямована на формування в руслі характерних морфо метричних утворень, шляхом руху наносів в дискретній формі (транзит дрібних часток здійснюється безперервно) і в цілому визначається динамічною рівновагою всієї системи «потік-русло». Динамічну рівновагу можна записати у вигляді рівняння:

$$0,0435 \cdot \left(\frac{0,8d_{\text{ср.зв.}}}{S_0^{0,9}} \right)^{1/6} = \frac{h^{2/3} \cdot \sqrt{I}}{V_{\text{он}}}, \quad (5.2)$$

де $d_{\text{ср.зв.}}$ – середньозважений діаметр руслових наносів без врахування само вимощування, м; $S_0^{0,9}$ – коефіцієнт неоднорідності, значення якого змінюється від 0 до 1; I – гідравлічний похил водотоку, м/км; h – глибина русла річки, м; $V_{\text{он}}$ – середня швидкість водотоку, яка відповідає динамічній рівновазі системи і можна визначити по співвідношенню:

$$V_{\text{он}} = Q_{\text{рф}} / Bh_{\text{рф}}, \quad (5.3)$$

де B – ширина річки, м; $h_{\text{рф}}$ – глибина річки при проходженні руслоформуючої витрати води, м.

Розрахунок значення руслоформуючої витрати води за формулою 5.2 виконується підбором h до тих пір, поки ліва частина залежності не буде дорівнювати правій її частині.

В навчальних цілях проведемо розрахунок руслоформуючої витрати води за формулою 5.1.

Приклад. Розрахунок руслоформуючої витрати для р. Уборть поблизу с. Рудня Іванівська проведено у табличній формі.

Таблиця 5.1

Розрахунок руслоформуючої витрати води для р. Уборть
поблизу с. Рудня Іванівська

Назва річки, гідрологічного посту	σ	n	$Q_{\text{ср}},$ $\text{м}^3/\text{с}$	$P, \%$	$I,$ ‰	Розрахована $Q_{\text{рф}}, \text{м}^3/\text{с}$
Уборть – с. Рудня Іванівська	0,9	2,1	1,22	20,92	0,5	14,9

6. Рекомендації та заходи щодо покращення екологічних та руслоформуючих витрат води на річках України

Метою практичної роботи є: набуття практичних навичок у розробці рекомендацій та заходів щодо покращення екологічних та руслоформуючих витрат води на річках України.

Завдання. Розробити рекомендації та заходи щодо покращення екологічних та руслоформуючих витрат води на досліджуваних річках (за варіантом студента, згідно практичних робіт № 1-5).

Методика виконання. Розглянемо всі можливі варіанти рекомендацій та заходів щодо покращення екологічних витрат: **1.** Екологічно допустимі витрати води необхідно обґрунтовувати та встановлювати для кожної річки і гідрологічного посту окремо, враховуючи зазначені особливості в повній відповідності з методиками.

2. Розглянуті методики визначення екологічно допустимих витрат води, свідчать про можливість застосування їх для розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води, що дає змогу в умовах сучасного рівня водоспоживання і стану водних екосистем науково обґрунтувати з екологічних позицій об'єми відбору річкового стоку на різні потреби господарського призначення.

3. Необхідно враховувати при розрахунках ЕДВ води і забори води з поверхневих та підземних джерел підприємствами на виробничі, господарські потреби та риборозведення у басейнах досліджуваних річок.

Тому, виходячи із екологічно допустимих витрат води та безповоротного водоспоживання в межах водозабірною басейну річки обов'язково необхідно визначати екологічний стік для збереження здатності водної екосистеми до саморегуляції, самоочищення і самовідновлення.

4. Значна частина стоку річок, навіть на зарегульованих каскадом водосховищ, примусово скидається під час нетривалого весняного періоду. Разом з тим в маловодні періоди нерідко виникають дефіцити води, які створюють кризові ситуації в водопостачанні населення і галузей економіки.

Тому вирішення проблеми підвищення ефективності і екологічно безпечного освоєння водних ресурсів окремих водозборів розглядається у використанні родовищ підземних вод як своєрідних підземних водосховищ для погашення виникаючих час від часу дефіцитів стоку в маловодні періоди. При цьому природне поповнення відроблених запасів підземних вод в районі таких компенсаційних водозборів відбудеться в наступні багатоводні періоди року. Але ефективність функціонування систем сумісного використання поверхневих і підземних вод багато в чому залежить від їх оперативного моніторингу.

5. Враховуючи те, що режим поверхневих вод (навіть на зарегульованих річках) значною мірою випадковий і тому важко прогнозується, визначити наперед час зниження розмірів стоку до встановлених меж, коли треба буде включати водозбори підземних вод, можна лише по даним оперативних спостережень за стоком в замикаючому створі.

6. У зв'язку з повсюдним скороченням в останні роки кількості станцій спостережень за режимом і якістю природних вод потрібно вжити заходів щодо відновлення гідрологічних постів і розширення обсягів спостережень.

Рекомендації та заходи щодо покращення руслоформуючих витрат (запропоновані О.Г. Ободовським): 1. Ці рекомендації мають, з одного боку, комплексний характер, тобто враховують як природні, так і господарські чинники, а з іншого, стосуються морфологічно однорідних річок або їхніх ділянок:

- необхідно терміново проводити комплекс заходів з покращення стану русла або з припинення його деградації;
- послідовне науковообгрунтоване виконання ряду робіт, які спрямовані на зменшення негативного впливу, стабілізацію і відновлення екологічного стану русла та умов його руслоформування.

2. До руслоформуючих рекомендацій та заходів можна віднести:

- активні засоби боротьби з ерозійними процесами на водозборах річок;
- зміна технологій вирубування лісів (відмова від трельовочних технологій);

- розробка і впровадження нових ефективних систем протипаводкових заходів і способів регулювання річкових русел;
- часткова або повна (науково і практично обґрунтована) відмова від забору руслового алювію і розчистка русел на певних ділянках річок;
- відновлення водоохоронних зон і берегозахисних смуг;
- збільшення кількості лісонасаджень;
- вірний обробіток сільськогосподарських земель (орати лише поперек схилу, виключити з обробітку всі заплавні землі);
- розширення водопропускних коридорів (міждамбовий простір) на зарегульованих ділянках русла;
- проводити вибірково розчистку русел річок;
- покращувати гідравлічні умови в руслах річок з метою оптимізації транспорту наносів (зменшення водозаборів, залпові скиди тощо);
- оптимізація водокористування і водовідведення з метою поповнення водних ресурсів річок;
- для малих річок не збільшувати антропогенне навантаження на територію їхніх долин і, особливо, заплав і русел;
- для середніх і великих річок розробляти комплекс заходів з регулювання їхніх русел і запобігання інтенсивному розмиву берегів;
- зменшення скидання неочищених стоків у річки з метою оптимізації витрат завислих наносів і покращення якості води тощо.

Впровадження і реалізація заходів і рекомендацій може бути виконана в системах Міністерства енергетики та захисту довкілля та Держводагенства України.

7. Картографування екологічних та руслоформуючих витрат води

Метою практичної роботи є: набуття практичних навичок у картографуванні екологічних та руслоформуючих витрат води витрат води.

Завдання. Провести районування досліджуваної річки за помісячно ЕДМВ води за досліджуваний період з використанням кластерного аналізу за допомогою програмного пакету STATISTICA 6 RU або ArcGis 9.3 (за варіантом студента, згідно практичної роботи № 1).

Методика виконання. Картографічний метод дослідження застосовують у дослідженні не тільки закономірностей, або динаміки розвитку явищ. Для вивчення динаміки явищ у просторі і часі широко застосовують карти. Найчастіше динаміку змін у часі досліджують на різночасових картах.

Часто оцінка зв'язку гідрологічних показників та їх аналіз на досліджуваній території (географічній території, басейну річки, ділянки річки тощо) проводять на основі кластерного аналізу, тобто з використанням програмних пакетів STATISTICA 6 RU, SPSS, та ArcGis 9.3 тощо.

Кластерний аналіз — це дослідницький інструмент аналізу даних для розв'язання класифікаційних проблем. Його мета полягає у сортуванні випадків на групи або кластери у такий спосіб, що ступінь залежності є сильною між членами у межах одного кластеру і слабкою між членами різних кластерів. Або **кластерний аналіз** — це процедура впорядкування об'єктів у відносно однорідні класи на основі елементів ознак парної кореляції.

Алгоритми кластерного аналізу дають змогу поділити сукупність об'єктів на однорідні за певним формальним критерієм подібності групи (кластери). Основною властивістю цих груп є те, що об'єкти, які належать одному кластеру, подібніші між собою, ніж об'єкти з різних кластерів. Таку класифікацію можна виконувати одночасно за досить великою кількістю ознак. Наприклад, відомо чимало гідрологічних показників, які характеризують рівень водних ресурсів у басейні річок: витрата води, швидкість течії, руслові деформації, площа поперечного перерізу, площа водозбору тощо. Таке групування може бути ефективно проведене методом кластерного аналізу, оскільки у даному разі враховується та узагальнюється велика кількість показників. Цей метод дозволяє проводити кластеризацію (об'єднання) в обох напрямках, тобто і спостереження (річки), і змінні (ЕДМВ води, витрати води різної забезпеченості, руслові деформації, швидкості течії тощо).

Приклад. Необхідно виділити кластери на десяти річках Прип'ятського Полісся, які схожі у відношенні до відповідних кластерів ЕДМВ води та витрат води різної забезпеченості. Перш ніж його застосувати, була ліквідована розмірність вихідних даних. Всі дані були нормовані (зведені до єдиного масштабу) за допомогою вираження ЕДМВ витрат через екологічно допустимі мінімальні об'єми відбору води у відповідності до середньо багаторічного стоку у відсотковому співвідношенні.

Зокрема, найважливішою процедурою зведення даних до однорідних є визначення міри відстані. У роботі використали найбільш загальний тип відстані – евклідова відстань, яка є геометричною відстанню в багатомірному просторі і визначається за формулою:

$$p(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_{il} - x_{jl})^2}, \quad (7.1)$$

де x_i, x_j – певна I – ознака, фактор за яким групуються річки у кластери, тобто об'єми відбору річки у різні фази водного режиму (місяці); k – кількість ознак (екологічно допустимі мінімальні об'єми відбору води у відповідності до середньо багаторічного стоку у відсотковому співвідношенні).

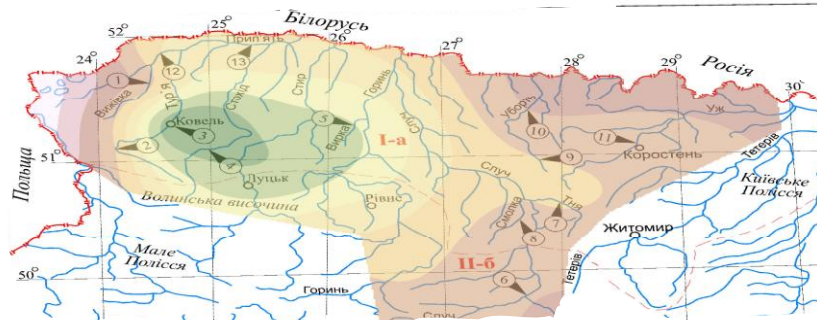
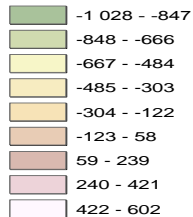
Це дозволило здійснити районування території Прип'ятського Полісся України за помісячними екологічно допустимими об'ємами відбору води з річок, результати для місяця серпня відображені на рис. 7.1.

Таким чином, при проведенні кластерного аналізу за двохгруповим методом ми отримали різну кількість кластерів для різних місяців. Аналіз підтверджує, що найбільші витрати на досліджуваних річках Прип'ятського Полісся спостерігаються у період весняного водопілля (III-IV місяці), а найменші – у період літньо-осінньої межени, зокрема у серпні виділено вісім кластерів.

Питання гарантованого рівня знань

1. Стан водних об'єктів України.
2. Поняття про дефіцит води.
3. Поняття про екологічні витрати, екологічно допустимі витрати, екологічно допустимі мінімальні витрати води.

**Екологічно допустимі
об'єми відбору води, %**



Умовні позначення:

- межа кордону України
- обласні та регіональні центри
- річки Прип'ятського Полісся України
- гідрологічний пост

Річки і гідроствори дослідження:

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ① - Виживка-с.Стара Виживка | ⑦ - Тня-с.Броники |
| ② - Тур'я-с.Ягідне | ⑧ - Смолка-с.Сусли |
| ③ - Тур'я-м.Ковель | ⑨ - Уборть-с.Рудня Іванівська |
| ④ - Стохід-с.Сварині | ⑩ - Уборть-с.Перга |
| ⑤ - Вирка-с.Сварині | ⑪ - Уж-м.Коростень |
| ⑥ - Случ-с.Громада | ⑫ - Прип'ять - с. Річиця |

Зони водності:

I-a - Поліська область надмірної водності

II-6 - Правобережна Дніпровська область достатньої водності

--- межі гідрологічних районів
⑬ - Прип'ять - с. Любязь

Рис. 7.1. Екологічно допустимі об'єми відбору води з річок, у відсотках від середньо багаторічної норми стоку для серпня

4. Сучасні підходи до визначення екологічних витрат в Україні та зарубіжних країнах.
5. Визначення екологічно допустимих витрат води за гідрологічними критеріями.
6. Визначення екологічно допустимих витрат води за біологічними критеріями.
7. Визначення екологічно допустимих витрат води за гідравлічними критеріями.
8. Поняття про санітарні витрати води.
9. Розрахунок санітарних витрат води.
10. Поняття про руслоформуючі витрати води.
11. Розрахунок руслоформуючих витрат води, розрахунок для гірських річок.
12. Карта проходження руслоформуючих витрат води на річках України.
13. Гідроекологічні особливості визначення руслоформуючих витрат води.
14. Рекомендації та заходи щодо покращення екологічних витрат води на річках України.
15. Рекомендації та заходи щодо покращення та руслоформуючих витрат на річках України.
16. Поняття про кластерний аналіз.
17. Методи картографування екологічних та руслоформуючих витрат води.

Рекомендована та базова література

1. Методика визначення екологічно допустимих рівнів відбору води з річок з метою збереження сталого функціонування їх екосистем / Яцик А. В., Бишовець Л. Б., Кириченко С. М., Кудріна А. В., Аніщенко Л. Г., Чураєвська Н. М., Свердлов Б. С., Холоденко В. С.; під наук. кер. А. В. Яцика, друк. в автор. ред. К. : Оріяни, 2002. 48 с. ISBN 966–7373–75–4.
2. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования. К. : Генеза, 1997. 628 с. ISBN 966-504-160-6.
3. Ободовський О. Г. Руслові процеси : навчальний посібник. К. : РВЦ «Київський університет», 1998. 134 с.

4. Водний кодекс України: за станом на 20 квіт. 2008 р. / Міністерство юстиції України. Офіц. вид. К. : ФОРУМ, 2008. № 5. 220 с. (Бібліотека офіційних видань).
5. Яцик А. В. Водогосподарська екологія: у 4-х томах, 7 кн. К. : Генеза, 2004. Т. 2, кн. 3-4. 384 с. ISBN 966-504-278-5.
6. Методика розрахунку руслоформуючих витрат на гірських річках України / Нормативні документи. Офіційне видання. К., 2007. 24 с.
7. Гідрометрія: практикум : навчальний посібник / Д. С. Косяк, В. С. Холоденко, О. І. Галік, О. П. Будз. Рівне : НУВГП, 2018. 254 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/11563/>
8. Малі річки України: довідник / За ред. Яцик А. В., Бишовець Л. Б., Богатов Є. О. та ін. К. : Урожай, 1991. 296 с. ISBN 5-337-00882-X.
9. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования. К. : Генеза, 1997. 628 с. ISBN 966-504-160-6.
10. Стрелец Б. И. Методические рекомендации по сохранению водности малых рек на территории УССР / Б. И. Стрелец, С. А. Русинов. К.: Укрводпороект, 1990. 32 с.
11. Маккавеев Н. И. Русловые процессы / Н. И. Маккавеев, Р. С. Чалов. М. : изд-во МГУ, 1986. 246 с.
12. Конспект лекцій.

Допоміжна література

1. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Стрельца Б. И. К. : Урожай, 1987. 304 с.
2. Порядок использования водных ресурсов водохранилищ УССР [Текст]: положение / Укрводпороект. Київ, 1976. 17 с.
3. Стрелец Б. И. Методические рекомендации по сохранению водности малых рек на территории УССР / Б. И. Стрелец, С. А. Русинов. К. : Укрводпороект, 1990. 32 с.
4. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). К. : Ніка - Центр, 2001. 274 с.
5. Проектирование мероприятий по улучшению экологического состояния малых рек Украины Т-343: Этап 1 «Рекомендации по проектированию мероприятий по улучшению

екологического состояния малых рек Украины» [Текст]: руководство. Киев, Укрводпроект, 1992. 36 с.

6. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты / В. Д. Романенко, О. П. Оксиюк, В. Н. Жукинский, Ф. В. Стольберг, В. И. Лаврик; отв. ред. Ю. П. Зайцев; АН УССР Институт гидробиологии АН УССР. К. : Наукова думка, 1990. 256 с.

7. Ресурсы поверхностных вод СССР: Украина и Молдавия / под ред. М. С. Каганера. Л. : Гидрометеиздат, Т. 6, вып. 2, 1971. 654 с.

8. Маринич О. М. Фізична географія України : підручник / 3-тє вид., стер. / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. К. : Т-во «Знання», КОО, 2006. 511 с. ISBN 966-620-248-4.

9. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / Под общ. ред. Калинина М. Ю. и Ободовского А. Г. Минск, БЕЛСЭНС, 2003. 269 с. ISBN 985-6474-38-8.

10. Будз О. П. Гідрологія: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1842/>

11. В.Г. Клименко. Загальна гідрологія : навчальний посібник. Цифровий репозиторій Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. URL: http://eprints.kname.edu.ua/http://ekhnuir.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/3786/2/Zagalna_gidro.pdf

12. Загальна гідрологія : підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. / Цифровий репозиторій Уманський державного педагогічного університету імені Павла Тичини. URL: http://library.udpu.org.ua/library_files/ece/6468_01.pdf

13. Холоденко В. С. Сучасні методики встановлення екологічно допустимих мінімальних витрат води на ріках Прип'ятського Полісся України / Географія та туризм : Наук. збірник / Відп. редактор Я. Б. Олійник. К. : Альтерпрес, 2012. Вип.21. с. 241-249 / Цифровий репозиторій Київського національного університету імені Тараса Шевченка. URL: file:///D:/Downloads/gt_2012_21_36.pdf